



CODE

PTO.gus.03

PAGE

1 di/of 20

**PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE DI RETE  
IMPIANTO DI GENERAZIONE DA FONTE FOTOVOLTAICA DA 33,6 MW  
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

**Progetto definitivo**


il Tecnico



Ing. Matteo Zanatta

File: PTO.gus.003\_Relazione CEM 36 kV

| REV.              | DATE              | DESCRIPTION     | PREPARED           | VERIFIED | APPROVED |
|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------|----------|
| 00                | 02/03/2023        | Prima emissione | PLANET             | BALTEX   | TERNA    |
| <b>VALIDATION</b> |                   |                 |                    |          |          |
| COLLABORATORS     |                   | VERIFIED BY     | VALIDATED BY       |          |          |
|                   |                   |                 | <b>CODE</b>        |          |          |
|                   |                   |                 | <b>PTO.gus.003</b> |          |          |
| CLASSIFICATION    | UTILIZATION SCOPE |                 |                    |          |          |

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
|  |  | CODE               |
|   |  | <b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | PAGE               |
|   |  | 2 di/of 20         |


## INDICE

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | INTRODUZIONE .....                                       | 3  |
| 2   | PREMESSA .....   | 4  |
| 2.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                           | 5  |
| 3   | DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI .....                        | 7  |
| 4   | METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE DPA/FASCE DI RISPETTO ..... | 10 |
| 5   | DESCRIZIONE TECNICA DELL'OPERA .....                     | 12 |
| 5.1 | MODALITÀ DI POSA.....                                    | 13 |
|     | <b>5.1.1 Tipologia di cavo</b> .....                     | 13 |
|     | <b>5.1.2 Portata di corrente</b> .....                   | 14 |
| 6   | VERIFICA DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO .....             | 16 |
| 6.1 | MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO .....                      | 16 |
| 6.2 | MODALITÀ DI SIMULAZIONE.....                             | 16 |
| 6.3 | SEZIONI DI CALCOLO .....                                 | 17 |
|     | <b>6.3.1 Elettrodotto interrato a 36 kV</b> .....        | 17 |
| 7   | CONCLUSIONI.....   | 18 |

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>3 di/of 20         |

## 1 INTRODUZIONE

La presente scheda si riferisce al cavidotto di interconnessione per la connessione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaico) da 33,6 MW installato su terreno, situato nei comuni di Guspini (SU) e Pabillonis (SU), con il coordinamento di Baltex Progetti Srl; L'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV, da inserire in entra-esce alla linea RTN 220 kV "Sulcis-Oristano". Le opere previste a progetto sono conformi a quanto stabilito dal Preventivo di Connessione avente Codice Pratica n°202200198.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>4 di/of 20         |

## 2 PREMESSA

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.


Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), oggetto della Linea Guida. Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali;

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>5 di/of 20         |

anche per casi complessi, individuati nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 § 5.1.3 (parallelismi, incroci tra linee, derivazioni o cambi di direzioni) è previsto un procedimento semplificato che permette di individuare aree di prima approssimazione (secondo quanto previsto al punto 5.1.4 delle Linee Guida), che hanno la medesima valenza delle DPA.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);


in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

## 2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"
- DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i."
- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV"
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo"

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>6 di/of 20         |

- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>7 di/of 20         |

### 3 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- Autorità competenti ai fini dei controlli: sono le autorità di cui all'art. 14 della Legge 36/2001 (le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente).
- Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni: sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l'esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore).
- Campata: elemento minimo di una linea elettrica aerea sotteso tra due sostegni.
- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Figura 1). Per le stazioni elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.
- Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T).
- Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (Figura 1).
- Si ricorda che la dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore.
- Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le

richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.

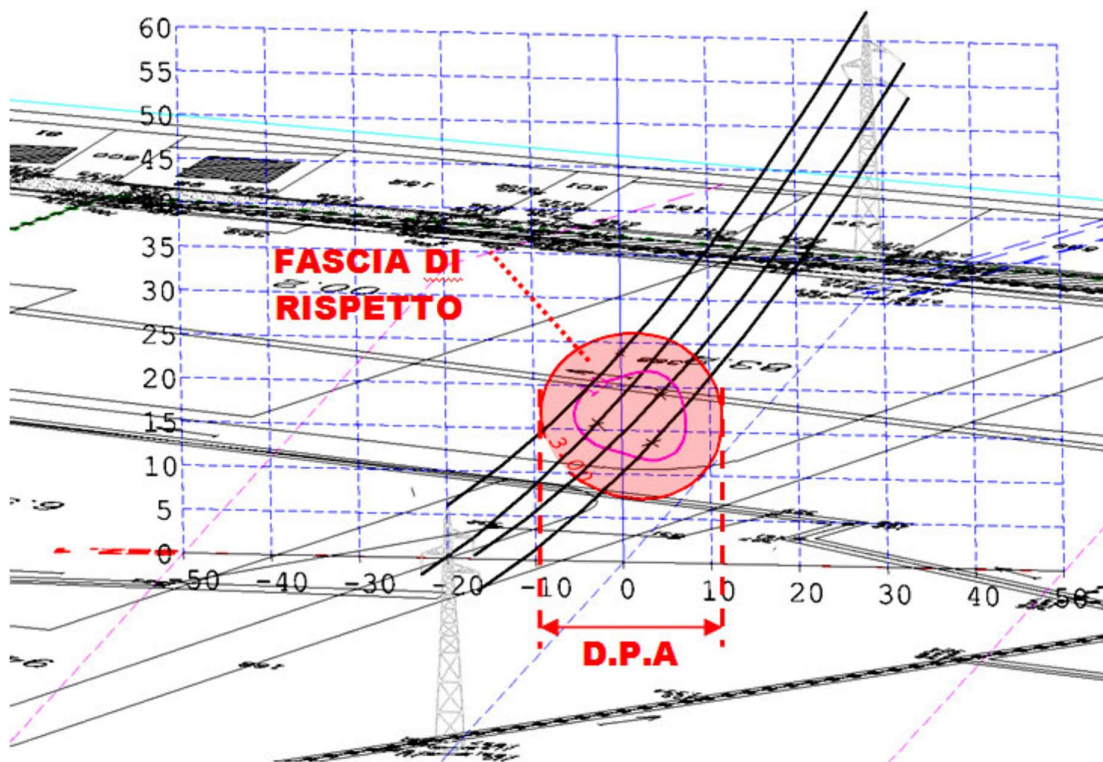


Figura 1 – DPA e fascia di rispetto

- Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci
- Linea: collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.
- Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.
- Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva




minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata in corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- per le linee con tensione  $>100 \text{ kV}$ , è definita dalla norma CEI 11-60;
  - per gli elettrodotti aerei con tensione  $<100 \text{ kV}$ , i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
  - per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come portata in regime permanente (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato) .
- Sostegno: elemento di supporto meccanico della linea aerea.
  - Tratta: porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.
  - Tronco: collegamento metallico che permette di unire fra loro due impianti (corrisponde alla linea a due estremi).
  - Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di  $10 \mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>10 di/of 20        |

#### 4 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE DPA/FASCE DI RISPETTO

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti. Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

- bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 Parte I;
- tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi.

Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore a 1 m.


Al fine di agevolare la gestione territoriale ed il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto introduce una procedura semplificata (§ 5.1.3), per il calcolo della DPA ai sensi della CEI 106-11 che fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli, secondo il quale il proprietario /gestore deve:

- calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco di linea (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale);
- proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- comunicare l'estensione rispetto alla proiezione al centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo il tronco.

Nei casi complessi, quali parallelismi, incroci tra linee o derivazioni e cambi di direzione, il Decreto sopraccitato introduce, al § 5.1.4, la possibilità per il proprietario/gestore di individuare l'Area di Prima Approssimazione (che ha la stessa valenza della DPA - § 5.1.3), da fornire alle autorità competenti:

- in fase di progettazione di nuovi elettrodotti;
- su richiesta puntuale delle medesime autorità competenti per il rilascio di autorizzazioni alla realizzazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In fase di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati, allorquando risulti che la DPA relativa all'impianto da realizzare includa, se pur parzialmente, tali luoghi, per una

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>11 di/of 20        |

corretta valutazione si dovrà procedere al calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni, tenendo conto della portata in corrente in servizio normale dichiarata nel procedimento autorizzativo.

In fase di progettazione di nuovi luoghi tutelati, allorquando dette realizzazioni si dovessero trovare, se pur parzialmente, all'interno della DPA, le autorità competenti potranno chiedere al proprietario/gestore il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni, al fine di consentire una corretta valutazione.

In entrambi i casi, qualora la fascia di rispetto, ottenuta con calcolo esatto, includa, se pur parzialmente, il luogo tutelato si dovrà prevedere una variante al progetto, in quella specifica sezione, che non presenti luoghi tutelati all'interno della fascia di rispetto.

Il calcolo sarà effettuato con modello bidimensionale (2D), se rispettate le condizioni di cui alla CEI 106-11, o con modello tridimensionale (3D) in caso contrario. La determinazione della fascia di rispetto è finalizzata alla definizione del volume, attorno ai conduttori, al cui interno si potrebbe avere una induzione magnetica superiore a 3  $\mu$ T e non all'individuazione della proiezione verticale al suolo di detto volume, come invece definito in maniera semplificata dalla procedura di calcolo della DPA. Pertanto, il calcolo richiesto dalle autorità competenti va effettuato soltanto in corrispondenza della sezione di interesse, ovvero interferente con un luogo tutelato di cui all'art. 4 c. 1 lettera h) della Legge 36/2001.

Nei casi complessi (§ 5.1.4 del Decreto 29 maggio 2008) quali:

- parallelismi AT (§ 5.1.4.1);
- incroci AT/AT (§ 5.1.4.4), AT/MT e MT/MT (§ 5.1.4.5);
- cambi di direzione linee AT (§ 5.1.4.2), MT (§ 5.1.4.3);

Il calcolo della fascia può essere effettuato, su richiesta puntuale delle autorità competenti, con i seguenti approcci:

- Metodo semplificato, che permette di individuare l'Area di Prima Approssimazione, determinata sulla base di specifici incrementi parametrizzati per una prima verifica da parte delle autorità competenti, in sede di autorizzazione alla realizzazione di nuovi luoghi tutelati o nuovi elettrodotti;
- Modello 3D in caso di luoghi tutelati in progettazione interni all'Area di Prima Approssimazione, al fine di fornire la reale fascia di rispetto al richiedente l'autorizzazione. Nel caso di incroci di linee di proprietari/gestori diversi, questi devono eseguire il calcolo con approccio congiunto.

## 5 DESCRIZIONE TECNICA DELL'OPERA

La presente scheda si riferisce al cavidotto di interconnessione per la connessione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaico) da 33,6 MW installato su terreno. L'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV, da inserire in entra-esce alla linea RTN 220 kV "Sulcis-Oristano".

L'elettrodotto interrato in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale fotovoltaica, di lunghezza pari a circa 7.6 km, alla nuova stazione citata, come previsto da Terna nella STMG, costituisce impianto di utenza per la connessione.

Di seguito riportiamo in figura uno schema a blocchi semplificato che illustra l'architettura della connessione.

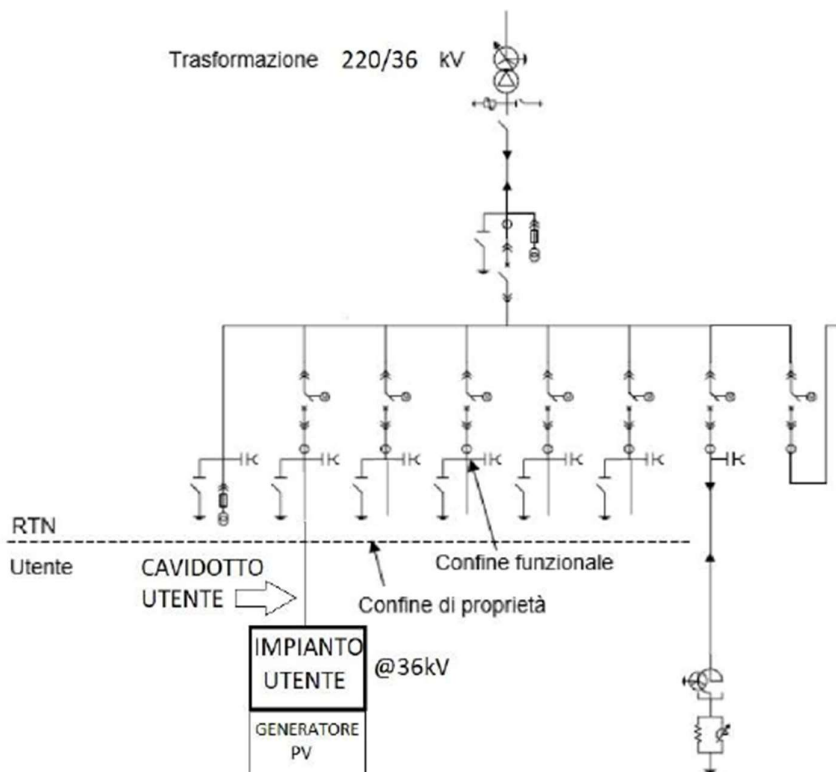


Figura 2 – Schema a blocchi semplificato della connessione

## 5.1 MODALITÀ DI POSA

Il nuovo cavidotto a 36 kV si realizzerà con una soluzione di posa direttamente interrata, la cui profondità dall'estradosso del cavo sarà non inferiore a 1,0 m.

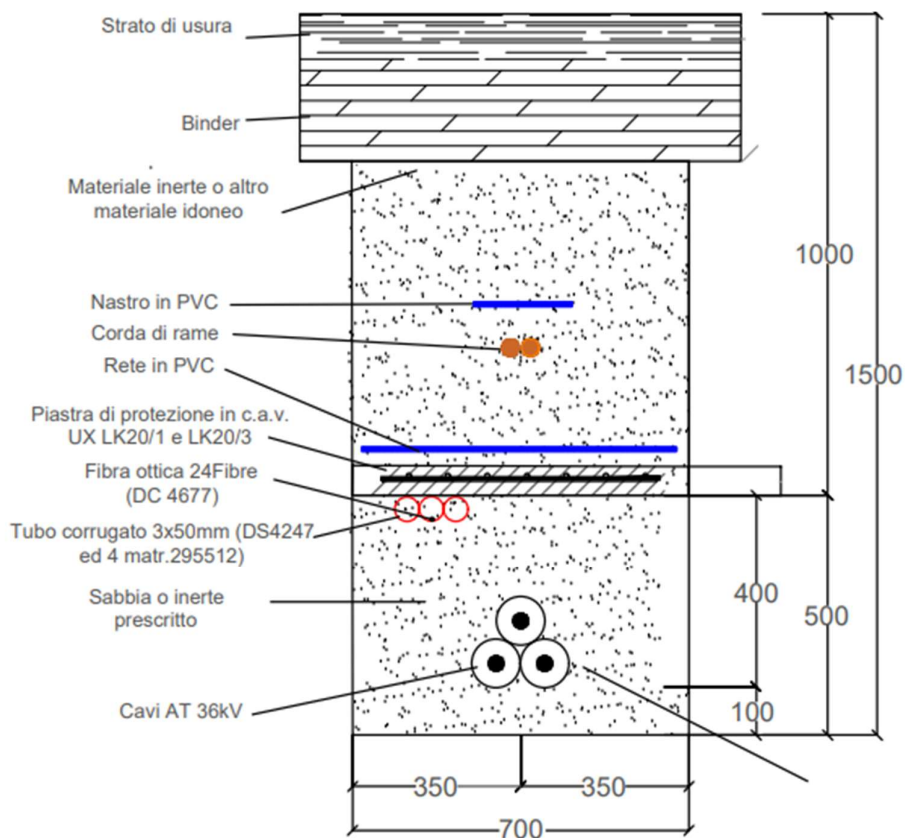


Figura 3 – Sezione di posa dell'elettrodotta

### 5.1.1 Tipologia di cavo

Si ipotizza l'utilizzo di un cavo unipolare da 1,8/3 kV a 26/45 kV che viene generalmente utilizzato per applicazioni terrestri con le seguenti caratteristiche:

- Anima: conduttore a corda rotonda compatta di rame rosso
- Semiconduttivo interno: elastomerico estruso
- Isolante: miscela di gomma ad alto modulo G7
- Semiconduttivo esterno: elastomerico estruso pelabile a freddo
- Schermatura: a filo di rame rosso
- Guaina: PVC, di qualità Rz, colore rosso



Figura 4 – Tipo di cavo che si ipotizza di utilizzare

### 5.1.2 Portata di corrente

I valori della portata di corrente espressi in A sono calcolati secondo il metodo della norma IEC 60287. I calcoli sono basati sulle seguenti assunzioni:

- Temperatura ambiente per posa in terra: 20 °C
- Posa di profondità: U = 45 kV -> 1,2 m
- Schermi metallici collegati fra loro e messi a terra ad entrambe le estremità

Si ipotizza di utilizzare una sezione di 240 mm<sup>2</sup>, normalmente utilizzata per le linee in media tensione che possono essere prese a riferimento per tale tipologia di elettrodotto.

#### Unipolare da 1,8/3 kV a 45 kV / Single core from 1,8/3 kV to 45 kV

| sezione nominale        | diametro indicativo conduttore | spessore isolante    | diametro esterno massimo | peso indicativo del cavo | raggio minimo di curvatura | posa in aria               |                               | posa interrata                |                                  |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|                         |                                |                      |                          |                          |                            | in piano                   | a trifoglio                   | in piano                      | a trifoglio                      |
| conductor cross-section | approximate conductor diameter | insulation thickness | maximum outer diameter   | approximate weight       | minimum bending radius     | open air installation flat | open air installation trefoil | underground installation flat | underground installation trefoil |
| (mm <sup>2</sup> )      | (mm)                           | (mm)                 | (mm)                     | (kg/km)                  | (mm)                       | (A)                        | (A)                           | (A)                           | (A)                              |
| 35                      | 7,0                            | 0,0                  | 34,6                     | 1290                     | 450                        | 211                        | 191                           | 107                           | 101                              |
| 50                      | 8,2                            | 0,0                  | 34,8                     | 1390                     | 450                        | 253                        | 229                           | 222                           | 214                              |
| 70                      | 9,9                            | 0,0                  | 36,6                     | 1660                     | 480                        | 316                        | 285                           | 272                           | 263                              |
| 95                      | 11,6                           | 0,0                  | 38,3                     | 1940                     | 500                        | 386                        | 347                           | 325                           | 314                              |
| 120                     | 13,1                           | 0,0                  | 39,8                     | 2230                     | 520                        | 445                        | 400                           | 370                           | 358                              |
| 150                     | 14,4                           | 0,0                  | 41,2                     | 2520                     | 540                        | 505                        | 452                           | 413                           | 400                              |
| 185                     | 16,1                           | 0,0                  | 43,4                     | 2960                     | 570                        | 580                        | 520                           | 467                           | 453                              |
| 240                     | 18,5                           | 0,0                  | 45,8                     | 3560                     | 600                        | 680                        | 614                           | 539                           | 525                              |
| 300                     | 21,1                           | 0,0                  | 48,5                     | 4240                     | 640                        | 775                        | 704                           | 606                           | 593                              |
| 400                     | 23,9                           | 0,0                  | 51,3                     | 5120                     | 680                        | 895                        | 815                           | 684                           | 671                              |
| 500                     | 27,1                           | 0,0                  | 55,3                     | 6300                     | 730                        | 1030                       | 943                           | 775                           | 761                              |
| 630                     | 30,7                           | 0,0                  | 59,8                     | 7790                     | 790                        | 1170                       | 1085                          | 874                           | 860                              |

| Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV |                                |                      |                          |                          |                            | Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV |                               |          |                                  |          |             |
|---|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|----------|----------------------------------|----------|-------------|
| sezione nominale                                    | diametro indicativo conduttore | spessore isolante    | diametro esterno massimo | peso indicativo del cavo | raggio minimo di curvatura | sezione nominale                                    | posa in aria a trifoglio      | in piano | posa interrata a trifoglio       | in piano | a trifoglio |
| conductor cross-section                             | approximate conductor diameter | insulation thickness | maximum outer diameter   | approximate weight       | minimum bending radius     | conductor cross-section                             | open air installation trefoil | flat     | underground installation trefoil | flat     | trefoil     |
| (mm <sup>2</sup> )                                  | (mm)                           | (mm)                 | (mm)                     | (kg/km)                  | (mm)                       | (mm <sup>2</sup> )                                  | (A)                           | (A)      | (A)                              | (A)      | (A)         |
| 35  | 7,0                            | 0,0                  | 34,6                     | 1290                     | 450                        | 35  | 211                           | 191      | 107                              | 101      | 142         |
| 50  | 8,2                            | 0,0                  | 34,8                     | 1390                     | 450                        | 50  | 253                           | 229      | 222                              | 214      | 166         |
| 70  | 9,9                            | 0,0                  | 36,6                     | 1660                     | 480                        | 70  | 316                           | 285      | 272                              | 263      | 203         |
| 95  | 11,6                           | 0,0                  | 38,3                     | 1940                     | 500                        | 95  | 386                           | 347      | 325                              | 314      | 242         |
| 120   | 13,1                           | 0,0                  | 39,8                     | 2230                     | 520                        | 120   | 445                           | 400      | 370                              | 358      | 275         |
| 150   | 14,4                           | 0,0                  | 41,2                     | 2520                     | 540                        | 150   | 505                           | 452      | 413                              | 400      | 306         |
| 185   | 16,1                           | 0,0                  | 43,4                     | 2960                     | 570                        | 185   | 580                           | 520      | 467                              | 453      | 345         |
| 240   | 18,5                           | 0,0                  | 45,8                     | 3560                     | 600                        | 240   | 680                           | 614      | 539                              | 525      | 390         |
| 300   | 21,1                           | 0,0                  | 48,5                     | 4240                     | 640                        | 300   | 775                           | 704      | 606                              | 593      | 448         |
| 400   | 23,9                           | 0,0                  | 51,3                     | 5120                     | 680                        | 400   | 895                           | 815      | 684                              | 671      | 506         |
| 500   | 27,1                           | 0,0                  | 55,3                     | 6300                     | 730                        | 500   | 1030                          | 943      | 775                              | 761      | 572         |
| 630   | 30,7                           | 0,0                  | 59,8                     | 7790                     | 790                        | 630   | 1170                          | 1085     | 874                              | 860      | 644         |

| Dati costruttivi / Construction charact. - 26/45 kV |                                |                      |                          |                          |                            | Caratt. elettriche / Electrical charact. - 26/45 kV |                               |          |                                  |          |             |
|---|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|----------|----------------------------------|----------|-------------|
| sezione nominale                                    | diametro indicativo conduttore | spessore isolante    | diametro esterno massimo | peso indicativo del cavo | raggio minimo di curvatura | sezione nominale                                    | posa in aria a trifoglio      | in piano | posa interrata a trifoglio       | in piano | a trifoglio |
| conductor cross-section                             | approximate conductor diameter | insulation thickness | maximum outer diameter   | approximate weight       | minimum bending radius     | conductor cross-section                             | open air installation trefoil | flat     | underground installation trefoil | flat     | trefoil     |
| (mm <sup>2</sup> )                                  | (mm)                           | (mm)                 | (mm)                     | (kg/km)                  | (mm)                       | (mm <sup>2</sup> )                                  | (A)                           | (A)      | (A)                              | (A)      | (A)         |
| 70  | 9,9                            | 10,0                 | 42,2                     | 2010                     | 550                        | 70  | 318                           | 285      | 264                              | 256      | 199         |
| 95  | 11,6                           | 10,0                 | 44,3                     | 2360                     | 580                        | 95  | 385                           | 346      | 315                              | 305      | 237         |
| 120   | 13,1                           | 10,0                 | 45,9                     | 2660                     | 600                        | 120   | 443                           | 398      | 358                              | 348      | 269         |
| 150   | 14,4                           | 9,0                  | 45,1                     | 2810                     | 590                        | 150   | 502                           | 449      | 400                              | 389      | 299         |
| 185   | 16,1                           | 9,0                  | 46,9                     | 3270                     | 620                        | 185   | 576                           | 516      | 451                              | 441      | 336         |
| 240   | 18,5                           | 9,0                  | 49,3                     | 3840                     | 650                        | 240   | 675                           | 609      | 520                              | 511      | 390         |
| 300   | 21,1                           | 9,0                  | 52,6                     | 4590                     | 690                        | 300   | 769                           | 698      | 585                              | 577      | 438         |
| 400   | 23,9                           | 9,0                  | 55,1                     | 5440                     | 730                        | 400   | 881                           | 807      | 661                              | 654      | 495         |
| 500   | 27,1                           | 9,0                  | 59,1                     | 6640                     | 780                        | 500   | 1014                          | 933      | 742                              | 739      | 558         |
| 630   | 30,7                           | 9,0                  | 63,3                     | 8150                     | 840                        | 630   | 1178                          | 1069     | 848                              | 836      | 630         |

Tabella 1 – Portata di corrente

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  |  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   |  | <i>PAGE</i><br>15 di/of 20        |

Ipotizzando una resistività termica del terreno pari a  $p = 1^\circ \text{C m/W}$ , la portata di corrente risulta 511 A.

## 6 VERIFICA DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

### 6.1 MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

Le indicazioni sulle modalità di simulazione sono contenute nella norma tecnica CEI 211-4 seconda Fascicolo: 9482 emessa nel 01/09/2008 dal titolo: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" cui si fa riferimento.

### 6.2 MODALITÀ DI SIMULAZIONE

Prima di esporre le modalità con cui sono state effettuate le simulazioni, risulta di fondamentale importanza fare le seguenti precisazioni.

Il campo elettrico generato da una singola linea alla frequenza industriale dipende dalla differenza di potenziale dei singoli conduttori costituenti il circuito

$$\vec{E}_{lineaxxx} = f(\vec{V}_{fase1\_lineaxxx}, \vec{V}_{fase2\_lineaxxx}, \dots, \vec{V}_{faseN\_lineaxxx})$$

L'induzione magnetica generata da una singola linea alla frequenza industriale dipende dalla corrente circolanti nei singoli conduttori costituenti il circuito

$$\vec{B}_{lineaxxx} = f(\vec{I}_{fase1\_lineaxxx}, \vec{I}_{fase2\_lineaxxx}, \dots, \vec{I}_{faseN\_lineaxxx})$$

Da queste considerazioni si deduce che la metodologia di simulazione dovrà essere tale da ipotizzare una condizione di carico cautelativa e statisticamente possibile.

In accordo a quanto previsto nel D.M. 29 maggio 2008, che definisce le condizioni di esercizio da utilizzare nel calcolo delle fasce di rispetto previste all'Art. 6 comma 2 del DPCM 8 luglio 2003, e considerato quanto già elaborato da Enel nel documento Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", in cui le DPA, degli allegati A e B del suddetto documento, sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v. 3.0 del CESI, che raccoglie, in unica piattaforma diversi moduli di calcolo dei campi elettrici e magnetici, associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti (EMF v. 4.06, CEM Cabine v. 1.0, Fasce v. 1.0, ecc.), si è proceduto al calcolo considerando per la linea in cavo interrato, come indicato nella figura 3, l'induzione magnetica prodotta dalla linea.

Entrambe le condizioni progettuali descritte poc'anzi risultano una disgressione da quanto indicato dal DM 29/05/2008, che tuttavia rimane un valido documento di confronto e riferimento.



### 6.3 SEZIONI DI CALCOLO

Di seguito vengono riportate le sezioni di calcolo (verticali rispetto al suolo e trasversali all'asse linea) del cavidotto e delle sbarre di stazione.

Per entrambe vengono valutati i valori dell'induzione magnetica in vari punti equispaziati al fine verificare il rispetto dei valori di qualità previsti dall' ART. 4 - DPCM 8/7/03.

#### 6.3.1 Elettrodotto interrato a 36 kV

Si riporta di seguito la sezione per l'elettrodotto.

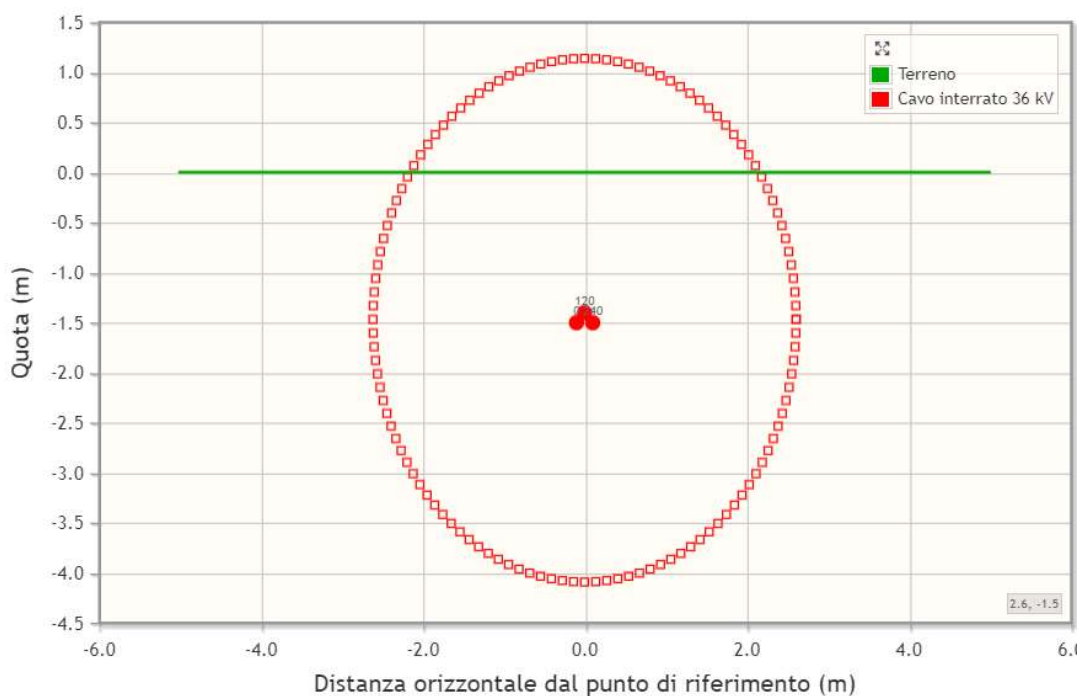



Figura 5 – Induzione magnetica dell'elettrodotto interrato a 36 kV

Dalla figura 7 si vede che il **limite dei 3  $\mu$ T è a circa 2,60 m (DPA)** di distanza orizzontale sul terreno dall'asse tra le due terne di cavi.

La dimensione del campo magnetico al limite dei 3  $\mu$ T è piuttosto ridotta, al punto che sta quasi esclusivamente al di sotto del terreno.

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
|  | <i>CODE</i><br><b>PTO.gus.003</b> |
|   | <i>PAGE</i><br>18 di/of 20        |

## 7 CONCLUSIONI

Il presente studio ha evidenziato che il cavidotto interrato a 36 kV genera un campo magnetico a livello del suolo tale per cui all'interno della DPA corrispondente non risultano recettori sensibili in quanto questo sarà realizzato interamente in corrispondenza della viabilità pubblica e/o di strade esistenti; ad 1 m di altezza dal suolo lo stesso campo di induzione magnetica risulta essere sempre inferiore ai limiti fissati dall'obiettivo di qualità.

Il tecnico

Dott. Ing. Matteo Zanatta

